



**HAL**  
open science

## Projet INSENSÉ : “ Indicateurs de sensibilité des écosystèmes forestiers soumis à une récolte accrue de biomasse ”

Laurent Augusto, Noémie Pousse, David Achat, Félix Brédoire, Thomas Bronner, Samuel Durante, Bernard Jabiol, Arnaud Legout, Joseph Levillain, Alain Remy, et al.

### ► To cite this version:

Laurent Augusto, Noémie Pousse, David Achat, Félix Brédoire, Thomas Bronner, et al.. Projet INSENSÉ : “ Indicateurs de sensibilité des écosystèmes forestiers soumis à une récolte accrue de biomasse ”. Comment préserver les sols forestiers dans un contexte de récolte accrue de bois?, Jun 2018, Paris, France. hal-03193840

**HAL Id: hal-03193840**

**<https://hal.inrae.fr/hal-03193840v1>**

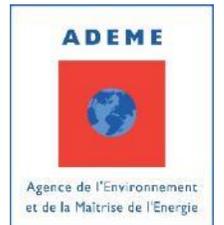
Submitted on 9 Apr 2021

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



**Projet INSENSÉ:  
« Indicateurs de sensibilité des écosystèmes forestiers  
soumis à une récolte accrue de biomasse »  
2014-2017**



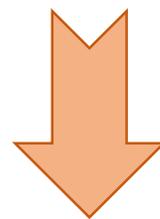
**Appel à projets ADEME-  
REACTIF 2013**

L.Augusto & N.Pousse coord.

D.Achat, F.Brédoire, T.Bronner, S.Durante, B.Jabiol, A.Legout, J.Levillain, A.Remy, I.Seynave



Enjeux : La récolte des rémanents forestiers (bois de petit diamètre et de feuillage particulièrement riches en éléments minéraux) a des effets négatifs avérés mais non systématiques (projet RESOBIO, 2012-2013).



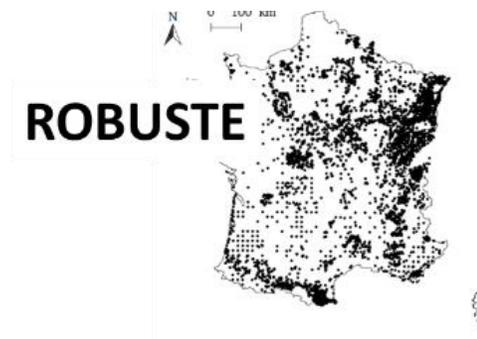
Enjeu scientifique : modéliser la sensibilité des écosystèmes forestiers à la récolte intensive de biomasse.

Enjeu opérationnel : proposer aux gestionnaires des indicateurs de sensibilité, à la fois fiables et simples.

Objectif général du projet : mobiliser des bases de données concernant les écosystèmes forestiers en vue de définir des indicateurs simples et peu coûteux de sensibilité à une récolte accrue de bois

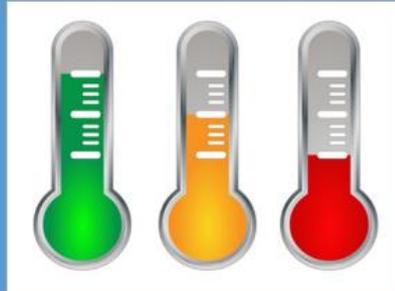


**PAS CHER**



**ROBUSTE**

**un indicateur INSENSÉ est un compromis**



**CONFORTABLE**



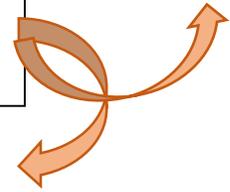
**TOUT-TERRAIN**

1. rechercher dans la littérature les variables discriminants les impacts suite à un export de minéraux donné (variables « analytique») et les différentes méthodes de classification des risques (« systèmes experts ») existants dans d'autres pays forestiers (moyen : post-doctorant, 1an)

Indicateur	Nature indicateur <sup>a</sup>	Variable réponse étudiée	Cas de sensibilité (informations quantitatives)	
			Seuil indicateur	Gammes indicateur
Indicateur de productivité du site : <b>indice de qualité du site (hauteur en mètres à 100 ans)</b>	C	Perte de croissance après 2 éclaircies	< 32 †	28-34
Indicateur de productivité du site : <b>indice de qualité du site (hauteur en mètres à 50 ans)</b>	C	Quantité de nutriments exportées lors de récoltes "arbre entier"	≥ 15 (faible densité), ≥ 12 (densité moyenne à élevée)	9-18 15-24
Indicateur de productivité du site : <b>accroissement annuel de la biomasse de troncs avant récolte</b>	C	Perte de croissance après coupe rase	≥ 18 (moyen)	
Indicateur de productivité du site : <b>accroissement annuel en volume de troncs</b>	C	Perte de croissance après 2 éclaircies	< 3.9 †	



Liste d'indicateurs (extrait) : **aucune propriété du sol ou ensemble de propriétés ne ressort comme expliquant l'intensité des impacts suite à une récolte de rémanents de manière systématique, pour tous les contextes**

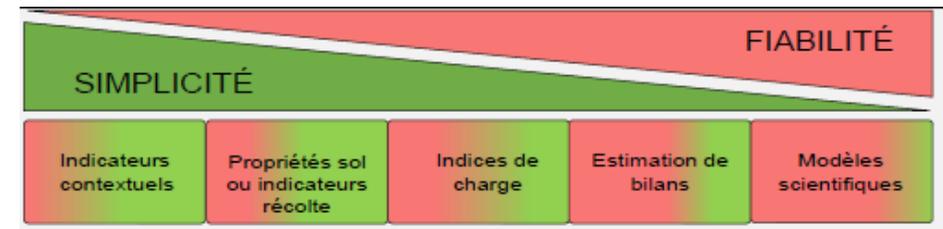


Biogeochemistry (2016) 127:255–272  
DOI 10.1007/s10533-015-0178-0

**Soil properties controlling inorganic phosphorus availability: general results from a national forest network and a global compilation of the literature**

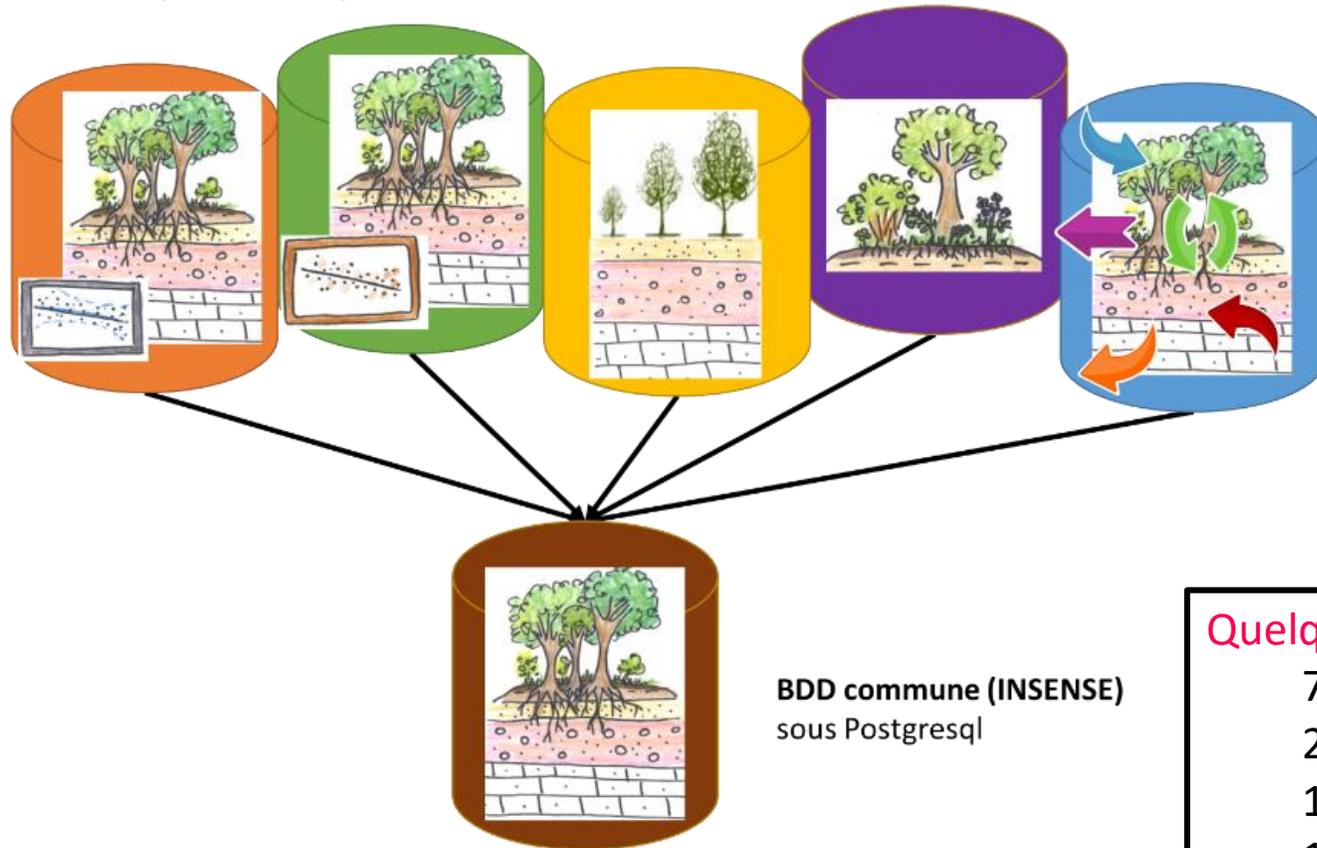
David Ludovick Achat · Noémie Pousse · Manuel Nicolas · Félix Brédoire · Laurent Augusto

**! le phosphore peut être un élément important**



## 2. mettre en commun des données descriptives et analytiques d'écosystèmes forestiers à l'échelle nationale et locale (moyen : analyste programmeur, 1an)

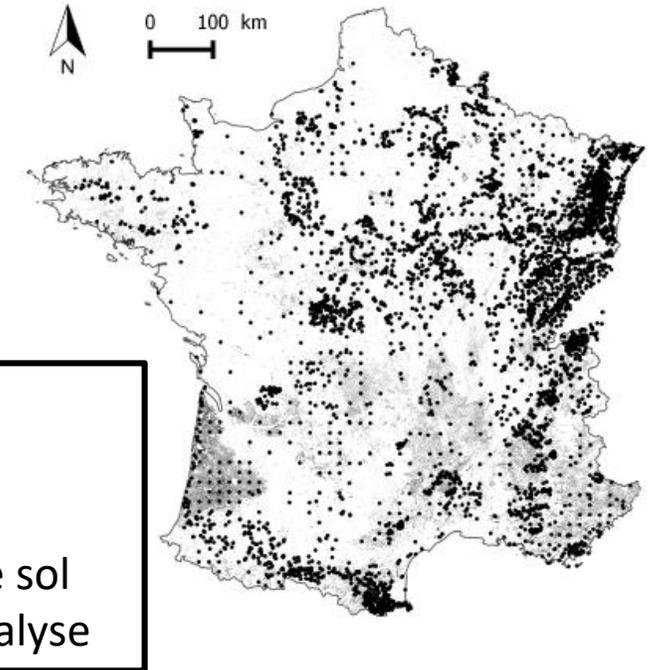
Sources de données « SOL » : RENECOFOR, BIOSOIL, COOP eco Douglas, COOP eco Chêne, ECOPLANT, sites ateliers, MOS



**BDD commune (INSENSE)**  
sous Postgresql

### Quelques chiffres

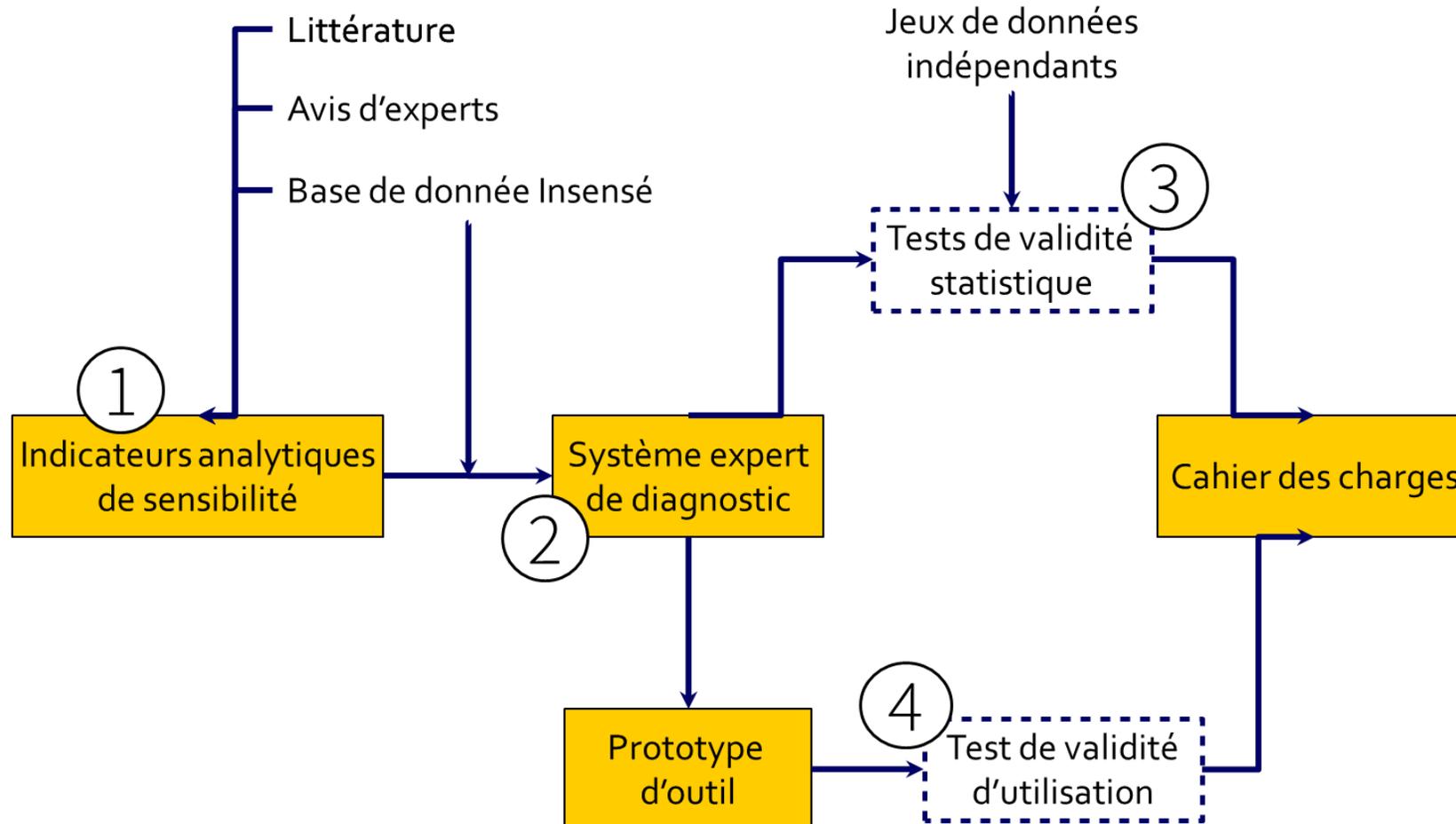
7 200 profils  
23 400 horizons  
13 000 échantillons de sol  
165 000 résultats d'analyse



### 3. Analyser les déterminants de la fertilité des écosystèmes forestiers telle qu'indiquée par le peuplement (moyen : post-doctorant, 1an)

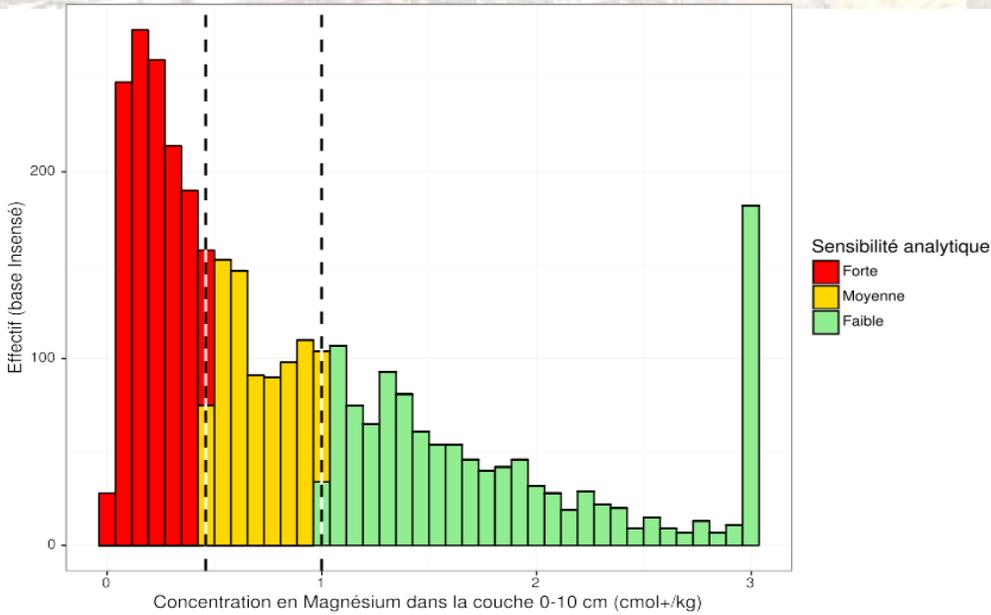
		Topographie & Climat					Propriétés physiques sol				Propriétés chimiques sol													
		Altitude	T <sub>moy</sub> <sup>an</sup>	P <sub>moy</sub> <sup>an</sup>	P-ETP <sub>678</sub>	DE <sub>678</sub>	Profondeur	Arg.	Lim.	Densité app.	RU	pH <sub>eau</sub>	C:N	C <sub>tot</sub>	N <sub>tot</sub>	P <sub>tot</sub>	P <sub>diff</sub>	Ca <sup>ech</sup>	Mg <sup>ech</sup>	K <sup>ech</sup>	Al <sup>ech</sup>	H <sup>ech</sup>	S:T	
Effet par strate des variables de la tranche 0-10cm																								
Strates	Generalist <sub>pH&lt;5.5</sub>	-	+	-																				
	Generalist <sub>pH&gt;5.5</sub>	-					+					-	-	-	-		+	-					+	
	Mediterranean <sub>pH&lt;5.5</sub>	-					+	+				-					-						+	
	Mediterranean <sub>pH&gt;5.5</sub>	-				-	+						-											
	Mountain <sub>pH&lt;5.5</sub>	-	+							+		-		-	-									-
	Mountain <sub>pH&gt;5.5</sub>	-					+					+												-
	Temperate Lowland <sub>pH&lt;5.5</sub>	-					+					-			-	+		+						-
	Temperate Lowland <sub>pH&gt;5.5</sub>		-			-			+		+	-	-	-	-									-
Effet moyen des variables de la tranche 0-10cm		-	+				+				-	-	-	-									-	
Effet attendu / littérature		oui	oui				oui	non			non	oui	~	~			non	non	non				non	

#### 4. Définition et simplification d'un indicateur de la prépondérance des cycles biologiques dans la nutrition des écosystèmes forestiers et test de l'application de ces relations à l'échelle locale (moyen : stage M2)



1

Indicateurs analytiques de sensibilité

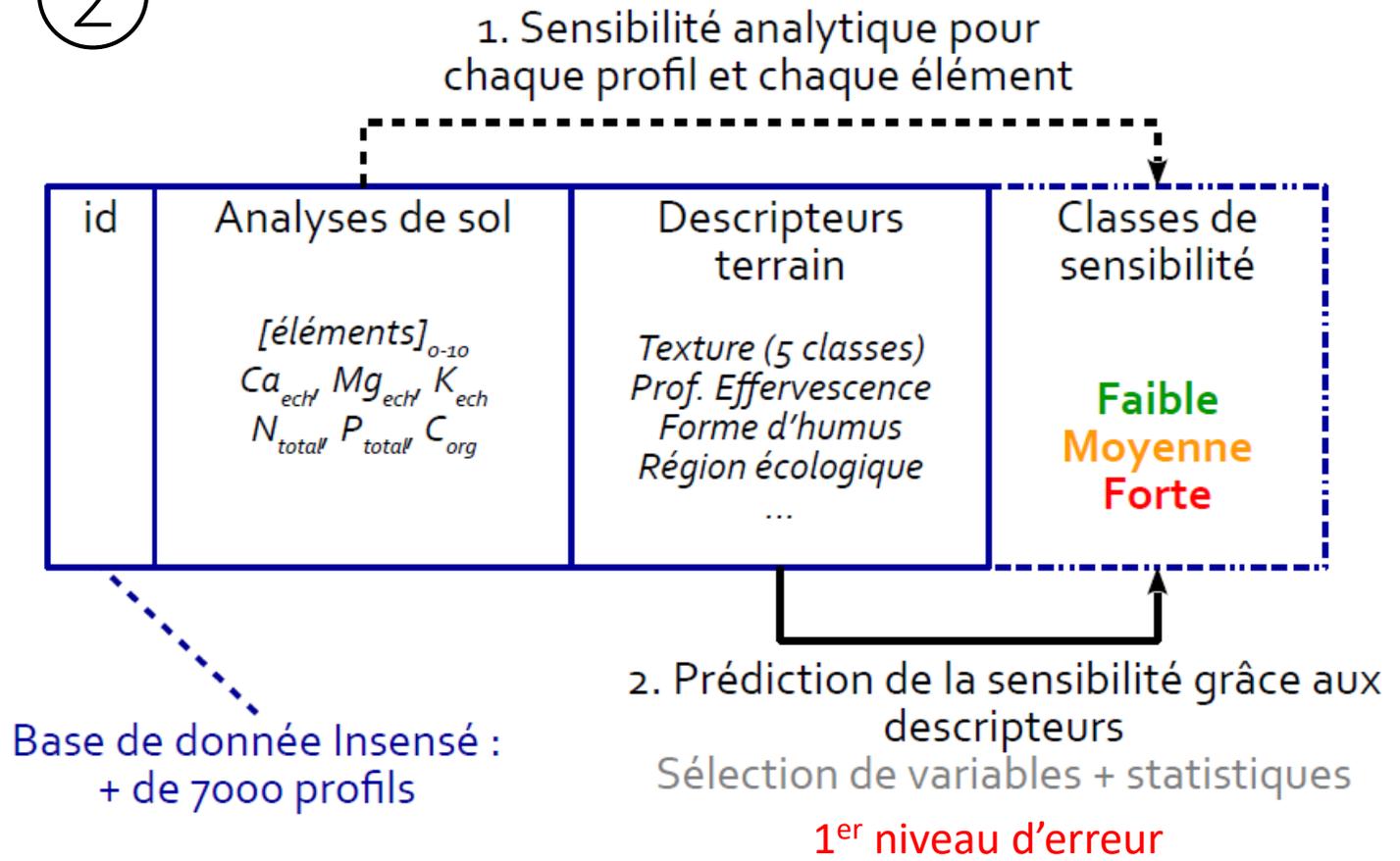


Biosoil 2006/2007 - Répartition des analyses de sols en-dessous du seuil de pauvreté :

- Ca éch= 33%
- Mg éch = 33%
- K éch = 45%
- P tot = 35%
- N tot = 15%

2

Système expert de diagnostic (terrain)

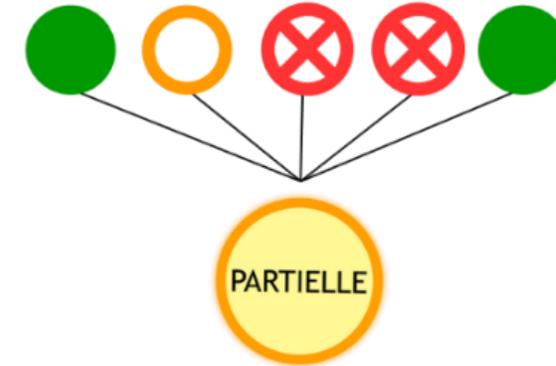
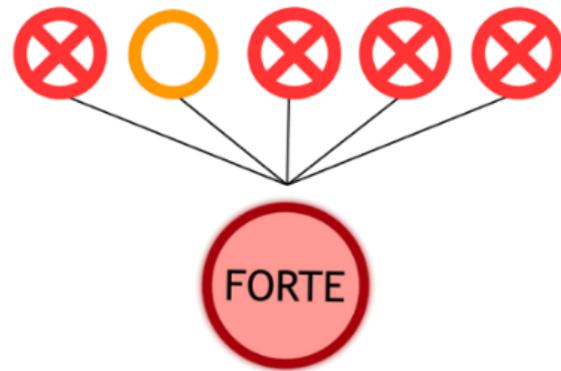
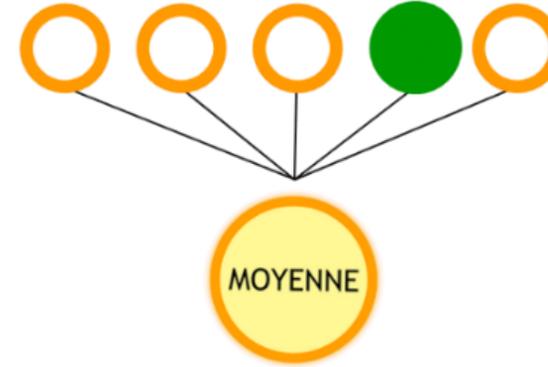
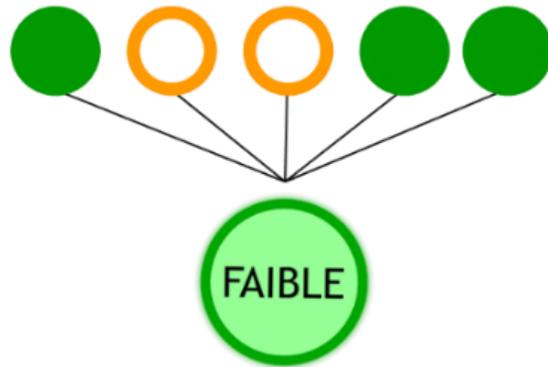


Base de donnée Inscensé : + de 7000 profils

2

Système expert de diagnostic

Besoin de combiner les sensibilités prédites par éléments nutritifs (○ = Ca, Mg, K, P et N) : simplification nécessaire pour être compatible avec les recommandations

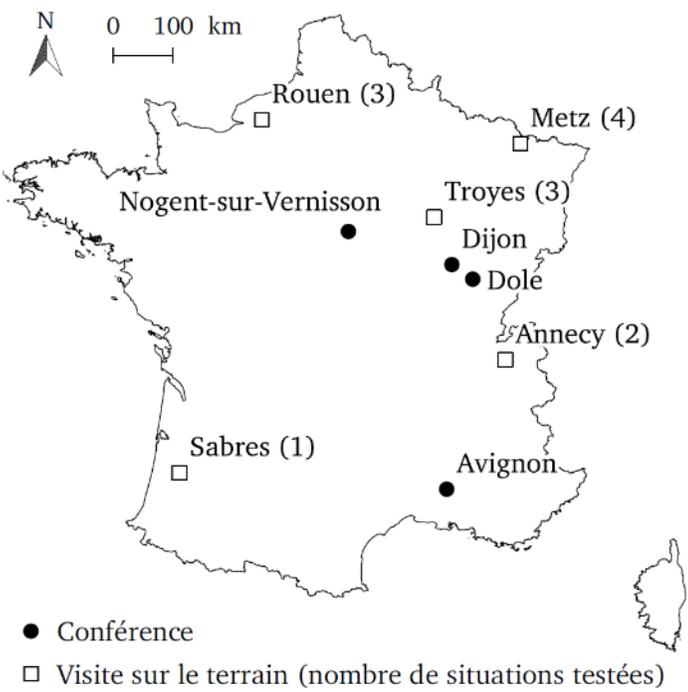


2<sup>eme</sup> niveau d'erreur

Prototype d'outil

4

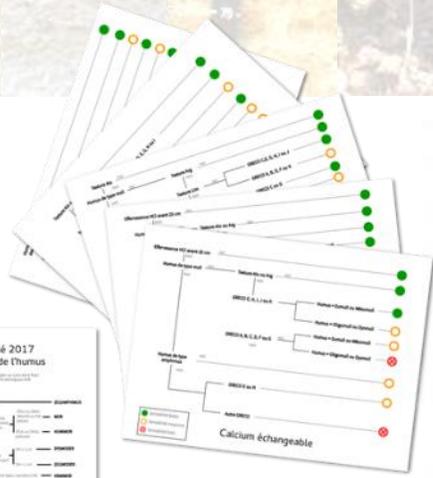
Test de validité d'utilisation



Fiche de relevé – projet Insensé 2017

1	Ref. Station	A	Point d'origine	B	Localité d'origine
2	Ref. Carte	C	Coord. UTM	D	Coord. Géocentrique
3	Ref. Carte	E	Coord. UTM	F	Coord. Géocentrique
4	Ref. Carte	G	Coord. UTM	H	Coord. Géocentrique
5	Ref. Carte	I	Coord. UTM	J	Coord. Géocentrique
6	Ref. Carte	K	Coord. UTM	L	Coord. Géocentrique
7	Ref. Carte	M	Coord. UTM	N	Coord. Géocentrique
8	Ref. Carte	O	Coord. UTM	P	Coord. Géocentrique
9	Ref. Carte	Q	Coord. UTM	R	Coord. Géocentrique
10	Ref. Carte	S	Coord. UTM	T	Coord. Géocentrique
11	Ref. Carte	U	Coord. UTM	V	Coord. Géocentrique
12	Ref. Carte	W	Coord. UTM	X	Coord. Géocentrique
13	Ref. Carte	Y	Coord. UTM	Z	Coord. Géocentrique
14	Ref. Carte	AA	Coord. UTM	AB	Coord. Géocentrique
15	Ref. Carte	AC	Coord. UTM	AD	Coord. Géocentrique
16	Ref. Carte	AE	Coord. UTM	AF	Coord. Géocentrique
17	Ref. Carte	AG	Coord. UTM	AH	Coord. Géocentrique
18	Ref. Carte	AI	Coord. UTM	AJ	Coord. Géocentrique
19	Ref. Carte	AK	Coord. UTM	AL	Coord. Géocentrique
20	Ref. Carte	AM	Coord. UTM	AN	Coord. Géocentrique
21	Ref. Carte	AO	Coord. UTM	AP	Coord. Géocentrique
22	Ref. Carte	AQ	Coord. UTM	AR	Coord. Géocentrique
23	Ref. Carte	AS	Coord. UTM	AT	Coord. Géocentrique
24	Ref. Carte	AV	Coord. UTM	AW	Coord. Géocentrique
25	Ref. Carte	AX	Coord. UTM	AY	Coord. Géocentrique
26	Ref. Carte	AZ	Coord. UTM	BA	Coord. Géocentrique
27	Ref. Carte	BB	Coord. UTM	BB	Coord. Géocentrique
28	Ref. Carte	BC	Coord. UTM	BC	Coord. Géocentrique
29	Ref. Carte	BD	Coord. UTM	BD	Coord. Géocentrique
30	Ref. Carte	BE	Coord. UTM	BE	Coord. Géocentrique
31	Ref. Carte	BF	Coord. UTM	BF	Coord. Géocentrique
32	Ref. Carte	BF	Coord. UTM	BF	Coord. Géocentrique
33	Ref. Carte	BF	Coord. UTM	BF	Coord. Géocentrique
34	Ref. Carte	BF	Coord. UTM	BF	Coord. Géocentrique
35	Ref. Carte	BF	Coord. UTM	BF	Coord. Géocentrique
36	Ref. Carte	BF	Coord. UTM	BF	Coord. Géocentrique
37	Ref. Carte	BF	Coord. UTM	BF	Coord. Géocentrique
38	Ref. Carte	BF	Coord. UTM	BF	Coord. Géocentrique
39	Ref. Carte	BF	Coord. UTM	BF	Coord. Géocentrique
40	Ref. Carte	BF	Coord. UTM	BF	Coord. Géocentrique
41	Ref. Carte	BF	Coord. UTM	BF	Coord. Géocentrique
42	Ref. Carte	BF	Coord. UTM	BF	Coord. Géocentrique
43	Ref. Carte	BF	Coord. UTM	BF	Coord. Géocentrique
44	Ref. Carte	BF	Coord. UTM	BF	Coord. Géocentrique
45	Ref. Carte	BF	Coord. UTM	BF	Coord. Géocentrique
46	Ref. Carte	BF	Coord. UTM	BF	Coord. Géocentrique
47	Ref. Carte	BF	Coord. UTM	BF	Coord. Géocentrique
48	Ref. Carte	BF	Coord. UTM	BF	Coord. Géocentrique
49	Ref. Carte	BF	Coord. UTM	BF	Coord. Géocentrique
50	Ref. Carte	BF	Coord. UTM	BF	Coord. Géocentrique

+



Détermination de la texture (5 classes) – projet Insensé 2017

1	100%	100%	100%	100%	100%
2	100%	100%	100%	100%	100%
3	100%	100%	100%	100%	100%
4	100%	100%	100%	100%	100%
5	100%	100%	100%	100%	100%



Outil papier

Office National des Forêts



Saisie sur le terrain

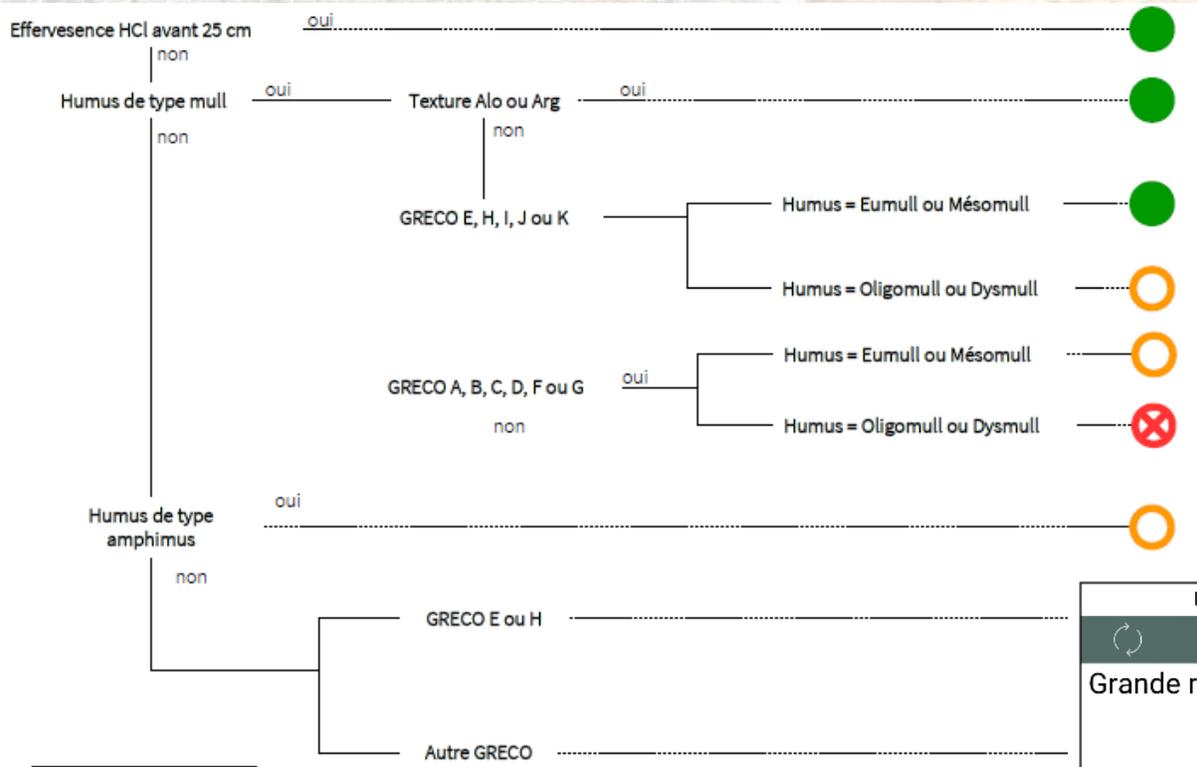
Package R + interface web



# 1. Objectifs et Contexte

# 2. Etapes et Résultats

# 3. Système d'indication



- Sensibilité faible
- Sensibilité moyenne
- ⊗ Sensibilité forte

## Calcium échangeable

INSENSÉ v2.5

↻ Saisie ☰

Grande région écologique

C ▾

Forme d'humus

Mésomull ▾

Texture à 10 cm

Argileuse ▾

Effervescence à HCl

avant 25 cm de profondeur

Profondeur prospectable

supérieure à 25 cm

INSENSÉ v2.5

Retour Résultats ☰

Région écologique : C

Forme d'humus : Mésomull

Texture à 10 cm : Argileuse

Profondeur d'effervescence > 25 cm

Profondeur prospectable > 25 cm

Sensibilité du sol

● FAIBLE

Masquer le détail par élément

Calcium : faible

Magnésium : faible

Potassium : faible

Phosphore : faible

Azote : faible

INSENSÉ v2.5

Retour Résultats ☰

Région écologique : C

Forme d'humus : Mésomull

Texture à 10 cm : Limoneuse

Profondeur d'effervescence > 25 cm

Profondeur prospectable > 25 cm

Sensibilité du sol

● MOYENNE

Masquer le détail par élément

Calcium : moyenne

Magnésium : moyenne

Potassium : faible

Phosphore : faible

Azote : moyenne

INSENSÉ v2.5

Retour Résultats ☰

Région écologique : C

Forme d'humus : Eumoder

Texture à 10 cm : Equilibrée

Profondeur d'effervescence > 25 cm

Profondeur prospectable > 25 cm

Sensibilité du sol

● FORTE

Masquer le détail par élément

Calcium : forte

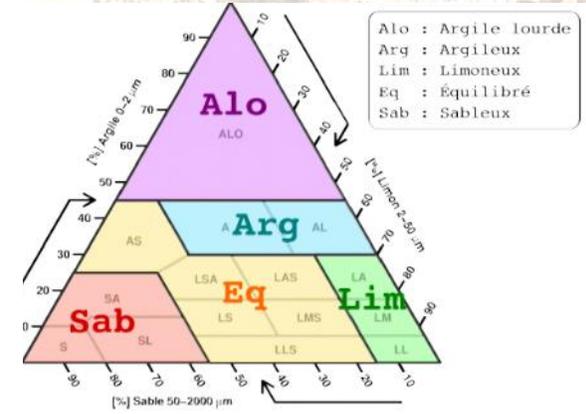
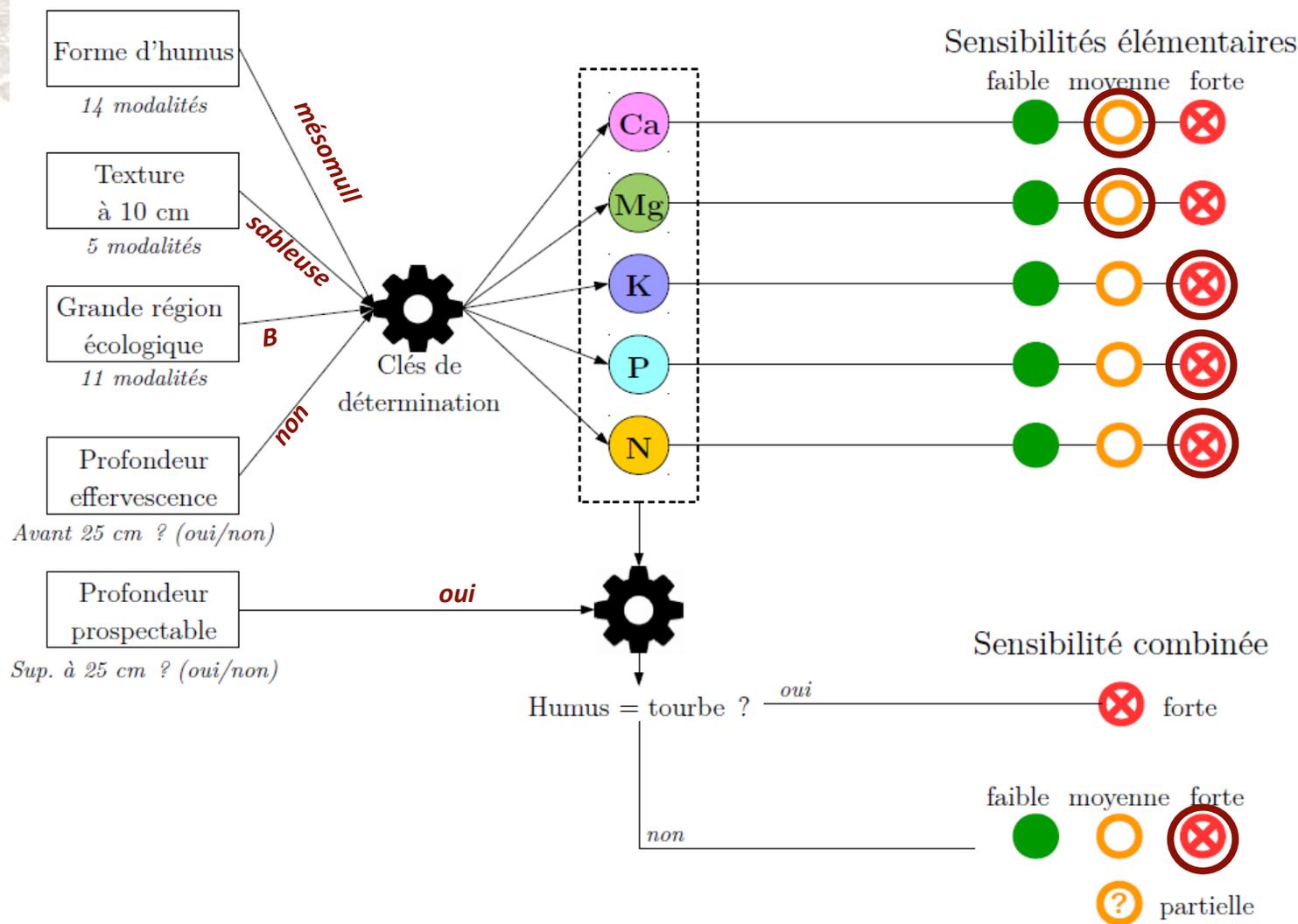
Magnésium : forte

Potassium : forte

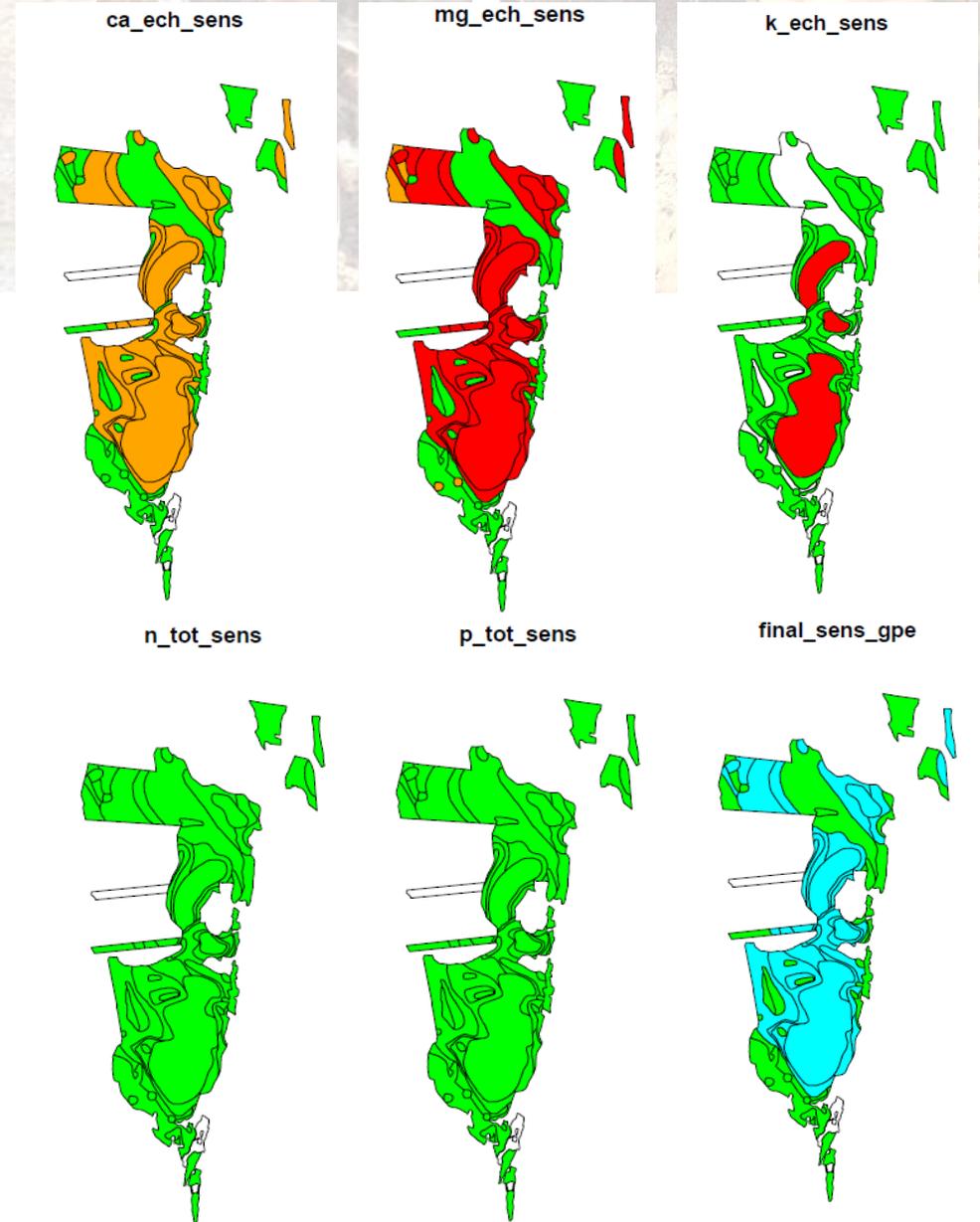
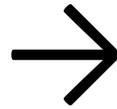
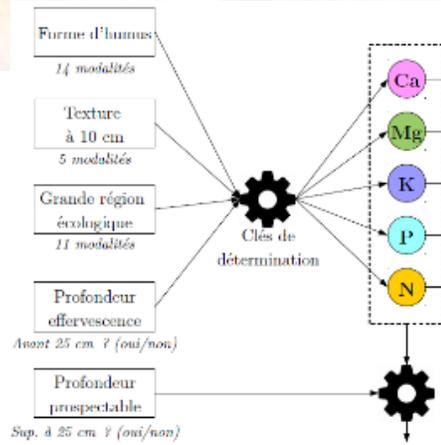
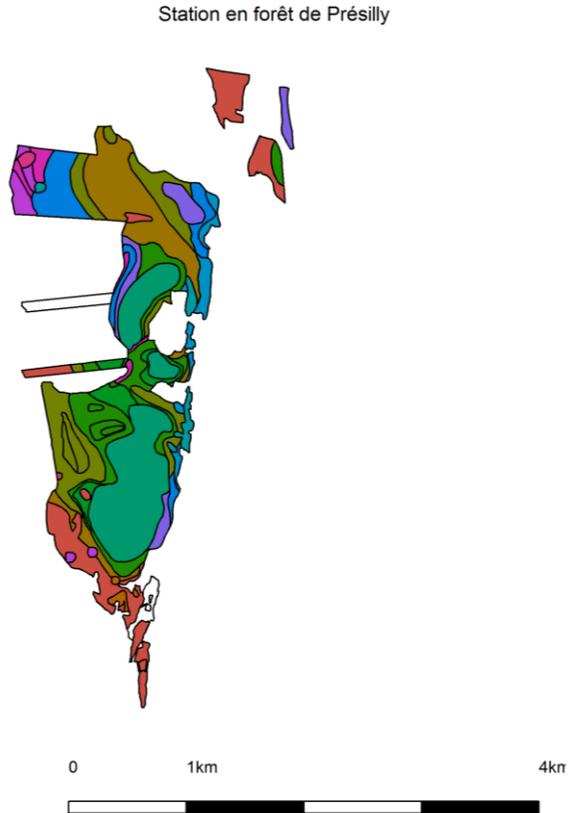
Phosphore : moyenne

Azote : moyenne

**Exemple de relevé local :**

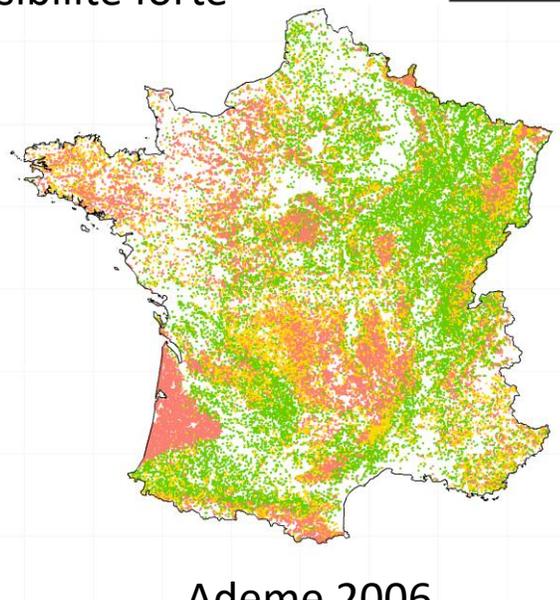


**Exemple d'utilisation avec une carte des stations:**

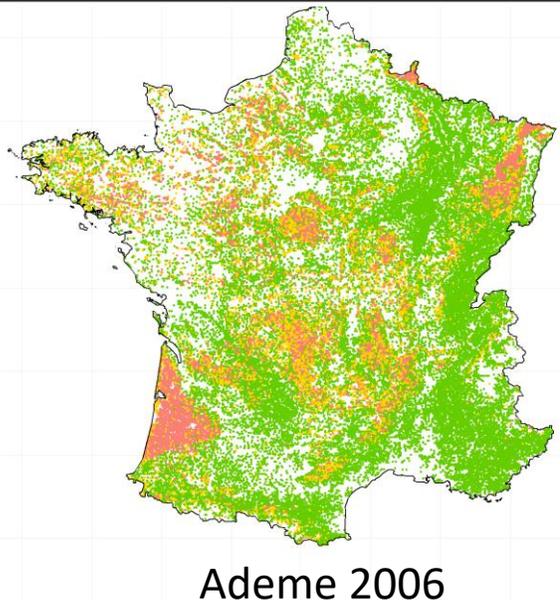


	sensibilité des sols à un export supplémentaire de biomasse			
	faible	moyenne partielle	moyenne moyenne	forte
outil de diagnostic <b>INSENSÉ</b>	0.30	0.24	0.23	0.23
guide ADEME 2006 avec les formes d'humus	0.39	0.30		0.31
guide ADEME 2006 avec le pH bioindiqué	0.65	0.20		0.15
<hr/>				
BioSoil (représentatif des forêts françaises, sensibilité calculée à partir des analyses chimiques de sol)	0.27	0.24	0.22	0.27

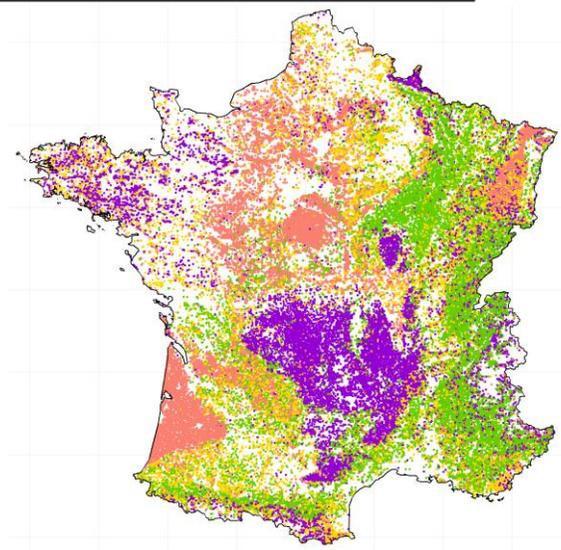
- sensibilité faible
- sensibilité moyenne
- sensibilité partielle
- sensibilité forte



Ademe 2006  
forme d'humus



Ademe 2006  
pH bioindiqué



Insensé 2017

## Gains par rapport au guide ADEME 2006

- ▶ Pas de révolution, mais approche complémentaire
  - Diagnostic par région, effet texture mieux pris en compte et prise en compte de la profondeur de sol
- ▶ La forme d'humus est une variable très importante
  - Confirmation des conclusions des experts en 2006
  - Nécessité de former
- ▶ Amélioration de la fiabilité
  - Peu de faux positifs et faux négatifs (1% contre 7%, sur un jeu de données comportant une majorité de sols peu sensibles)

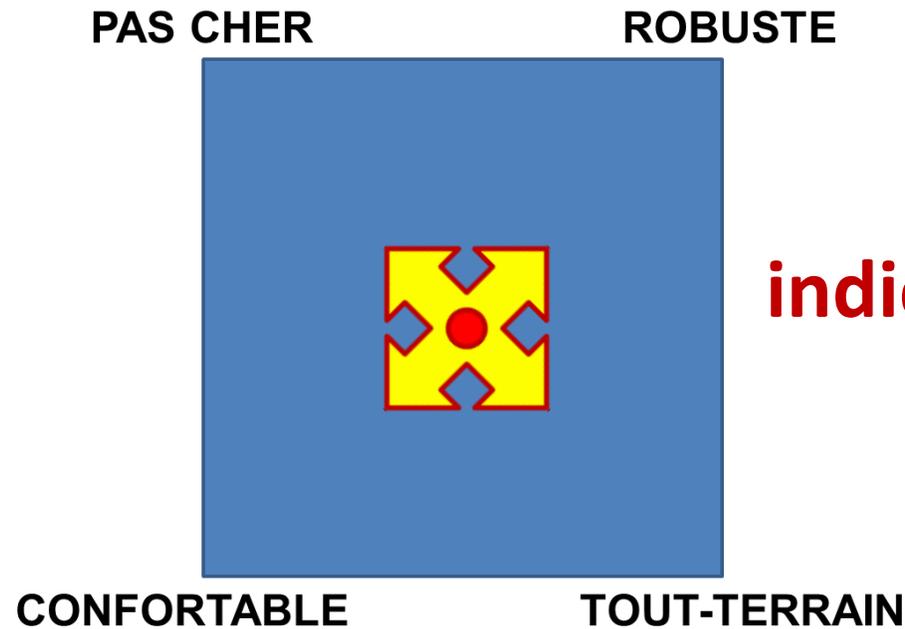
► Cahier des charges :

**Robuste** : oui, raisonnablement, sous réserve d'une validation correcte ; parfois manque de données

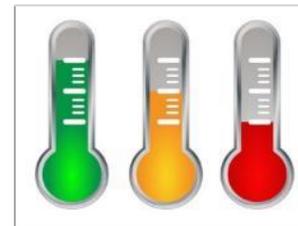
**Confortable** : oui (application, package R)

**Tout-terrain** : oui (clés ; application)

**Pas cher** : oui (creuser à moins de 25 cm, rapide)



**indicateur INSENSÉ**





**Projet INSENSÉ:  
« Indicateurs de sensibilité des écosystèmes forestiers  
soumis à une récolte accrue de biomasse »  
2014-2017**

**Merci pour votre attention**